

## 明 細 書

光機能導波路、光変調器、アレイ導波路回折格子及び分散補償回路  
技術分野

- [0001] 本発明は、小型、省エネで高速に光の位相制御又は光路長若しくは波面の調節ができる光機能導波路、光変調器、アレイ導波路回折格子及び分散補償回路に関する。

## 背景技術

- [0002] 従来の石英導波路型光変調器は、光導波路近傍にヒータを設けて石英の屈折率を温度変化させる位相変調部を干渉系に具備する構成である。この構成では、石英の屈折率温度係数が $1.1 \times 10^{-5} [1/^{\circ}\text{C}]$ と低いと、1.55ミクロン帯の通信波長において $\pi$ の位相変化を引き起こすために $50^{\circ}\text{C}$ の温度変化を許容しても970ミクロン程度の導波路長(ヒータ長)が必要であった。温度変化に要する時間は数十ms必要であり、また、温度上昇に必要なエネルギーは100mW以上になり、変調器間の熱的干渉によるクロストークの増大、冷却機構の大型化などの付加的な問題が生じることが課題であった。また、従来の技術で屈折率の温度係数の大きな材料を光導波路中の溝構造に充填し、変調器の消費電力を下げる事が報告されている(例えば、非特許文献1参照)。

非特許文献1: 橋詰泰彰他4名著「2002年電子情報通信学会総合大会講演論文集」、2002年3月27日、C-3-10、P142

## 発明の開示

## 発明が解決しようとする課題

- [0003] しかし、ヒータ部位置が溝構造から離れているため、スイッチング時間の速さが十分ではない。また、これらの構造の可変焦点距離の導波路型レンズへの適用及び光偏向型スイッチへの適用は行われていない。
- [0004] 本発明は、上記問題点に鑑み、小型、省エネで高速に光の位相制御又は光路長の調節ができる光機能導波路、光変調器、アレイ導波路回折格子及び分散補償回路を提供することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

- [0005] 本発明の光機能導波路は、基板と、該基板上に形成されているクラッドと、該クラッドの中に形成されていて光路となるコアと、光路に沿って所定の間隔を空けて光路を分断するように形成されていて前記コアとは屈折率温度係数が異なる材料が充填されている複数の溝構造と、光路に沿って形成されている該複数の溝構造の間の位置に形成されているヒータ電極とを備える。
- [0006] また、本発明の光機能導波路は、基板と、該基板上に形成されているクラッドと、該クラッドの中に形成されていて光路となるコアと、光路に沿って所定の間隔を空けて光路を分断するように形成されていて前記コアとは異なる屈折率の材料が充填されており形状がレンズ型である複数の溝構造と、光路に沿って形成されている該複数の溝構造の間の位置に形成されているヒータ電極とを備える。
- [0007] また、前記複数の溝構造の内の少なくとも1つの端面が光路に垂直な位置から傾いていることで、溝界面から導波路に結合する反射光量を抑制することができる。
- [0008] また、本発明の光変調器は、上記光機能導波路を備え光の振幅又は位相を変調するものである。
- [0009] また、本発明のアレイ導波路回折格子は、スラブ導波路中に上記光機能導波路を備える。
- [0010] また、本発明の分散補償回路は、2つのアレイ導波路回折格子が縦列接続されている接続部近傍に上記光機能導波路を備える。
- [0011] また、本発明の分散補償回路は、スペクトル面近傍に配置されている導波路内のミラーと、該ミラーの近傍に配置されている上記光機能導波路とを備える。
- [0012] また、本発明の光機能導波路は、基板と、該基板上に形成されているクラッドと、該クラッドの中に形成されていて光路となるコアと、光路に沿って所定の間隔を空けて光路を分断するように形成されていて前記コアとは異なる屈折率であってかつそれぞれが互いに異なる2以上の屈折率を有する材料が充填されている複数の溝構造とを備える。
- [0013] また、前記溝構造は、スラブ導波路と単一モード導波路との結合部分のスラブ導波路側に設けられていることで、損失を低減することができる。

[0014] また、本発明の光機能導波路は、基板と、該基板上に形成されているクラッドと、該クラッドの中に形成されていて光路となるコアと、光路に沿って所定の間隔を空けて光路を分断するように形成されていて前記コアとは異なる屈折率の材料が充填されており形状がくさび型である複数の溝構造と、光路に沿って形成されている該複数の溝構造の間の位置に形成されているヒータ電極とを備える。

#### 発明の効果

[0015] 本発明による効果は下記の通りである。

[0016] 第1の効果は、小型で低消費電力、かつ、高速な光変調器等の光機能導波路を構成することが可能な点である。また、同時に付加的な問題である変調間の熱的干渉によるクロストークの低減や冷却機構の小型化も可能になる。

[0017] 第2の効果は、レンズ形状を持つ溝構造に適用し温度制御することによって可変焦点距離の導波路型レンズが実現され、分散補償回路等、各種光機能導波路を実現可能になる。

[0018] 第3の効果は、導波路中に設けた溝構造に充填する材料の屈折率を制御することで、導波路の光路長を微調することが可能である。

[0019] 第4の効果は、スラブ導波路と単一モード導波路アレイの結合部のスラブ導波路側にレンズ作用を有する溝構造を設けることによって結合効率を高めることが可能になる。

本明細書は本願の優先権の基礎である特願2004-054903の明細書及び／又は図面に記載される内容を包含する。

#### 図面の簡単な説明

[0020] [図1]図1は、本発明の第1実施の形態による光機能導波路の構成を示す図である。  
[図2]図2は、本発明の第2実施の形態による光機能導波路の構成を示す図である。  
[図3]図3は、本発明の第3実施の形態による光機能導波路の構成を示す図である。  
[図4]図4は、本発明の第4実施の形態による光機能導波路の構成を示す図である。  
[図5]図5は、本発明の第5実施の形態による光機能導波路の構成を示す上面図である。

[図6]図6は、本発明の第6実施の形態による光変調器の構成を示す図である。

[図7]図7は、本発明の第7実施の形態による光変調器の構成を示す図である。

[図8]図8は、本発明の第8実施の形態による光機能導波路の構成を示す図である。

[図9]図9は、本発明の第9実施の形態による光機能導波路の構成を示す図である。

[図10]図10は、本発明の第10実施の形態による光機能導波路の構成を示す上面図である。

[図11]図11は、本発明の第11実施の形態による分散補償回路の構成を示す上面図である。

[図12]図12は、本発明の第12実施の形態による分散補償回路の構成を示す上面図である。

[図13]図13は、本発明の第13実施の形態による光機能導波路の構成を示す上面図である。

[図14]図14は、本発明の第14実施の形態による光機能導波路の構成を示す上面図である。

[図15]図15は、本発明の第15実施の形態による光機能導波路の構成を示す上面図である。

#### 符号の説明

- [0021]
- 11 基板
  - 12 石英導波路クラッド
  - 13 石英導波路コア
  - 14 溝構造
  - 15 充填材料
  - 16 ヒータ用電極
  - 17 充填物注ぎ込み口
  - 21 方向性結合部
  - 22 位相変調部
  - 23 光導波路
  - 24 Y分岐

- 31 溝構造
- 32 充填材料
- 33 スラブ導波路
- 33 石英スラブ導波路
- 41 溝構造
- 42 充填材料
- 51 溝構造
- 52 充填材料
- 61 第1アレイ導波路回折格子
- 62 スラブ導波路
- 63 アレイ導波路
- 64 スラブ導波路
- 65 第2アレイ導波路回折格子
- 66 アレイ導波路
- 67 スラブ導波路
- 68 溝構造
- 69 充填材料
- 71 アレイ導波路回折格子
- 72 スラブ導波路
- 73 アレイ導波路
- 74 スラブ導波路
- 75 ミラー
- 76 溝構造
- 77 充填材料
- 81 第1溝構造
- 82 第2溝構造
- 83 第3溝構造
- 91 単一モード導波路

- 92 テーパ導波路
- 93 スラブ導波路
- 94 溝構造
- 101 単一モード入力導波路
- 102 テーパ導波路
- 103 スラブ導波路
- 104 単一モード出力導波路
- 105 溝構造
- 106 充填材料

#### 発明を実施するための最良の形態

[0022] 以下、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。

[0023] 図1は、本発明の第1実施の形態による光機能導波路の構成を示す図である。図1(a)は断面図であり、図1(b)は上面図である。本実施の形態の光機能導波路は、基板11、石英導波路クラッド12、石英導波路コア13、溝構造14、充填材料15、及びヒータ用電極16からなる。この光機能導波路は光変調器用の位相変調部として機能する。溝構造14に充填される充填材料15は、導波する光の波長領域で透明な材料であり、石英導波路コア13とは異なる材料又は異なる組成の材料で実現され、PMMA(ポリメチルメタクリレート)、ポリイミド、エポキシ樹脂、シリコーン樹脂等が適当である。また、これらの材料の水素をフッ素で置換した有機材料でも良い。これらの材料の屈折率温度係数は、一般に、石英の10倍～100倍程度である。石英の屈折率温度係数は $1.1 \times 10^{-5} [1/^{\circ}\text{C}]$ と低いため、1.55ミクロン帯の通信波長において $\pi$ の位相変化を引き起こすために50℃の温度変化を許容しても970ミクロン程度の導波路長(ヒータ長)が必要である。充填する材料の屈折率温度係数が石英の50倍であると仮定し、温度変化を10℃とすれば、溝形成部の長さは184.3ミクロンで良い。例えば、光導波路の実効屈折率を1.45、溝幅を平均9.7ミクロン、溝間隔を平均9.7ミクロン、溝数を10、屈折率変化量を $\pm 2.75 \times 10^{-3}$ とすれば、各面で導波路外に反射されることに起因する損失は、0.00008dBであり無視できる。また、界面で放射モードに結

合することに起因する損失は約0.5dBである。本実施の形態ではヒータ用電極16が、光路に沿って形成されている複数の溝構造14の間の位置に形成されているために、充填材料15の温度を少ないエネルギーで高速に大きく変化させることができる。溝構造14の光伝搬方向の溝幅は、通常3〜20ミクロン程度に設定されるが、損失を下げるためには狭い方がよい。また、溝構造14相互の間隔は3〜100ミクロン程度に設定される。溝幅及び溝間隔は界面で反射する光によって微小共振構造が形成されにくいように、ランダムに変化させることが望ましい。

[0024] 図2は、本発明の第2実施の形態による光機能導波路の構成を示す図である。図2(a)は断面図であり、図2(b)は上面図である。本実施の形態の光機能導波路は、上から見たときに石英導波路コア13によって形成される光路の方向に対して溝構造14を傾けて配置するものである。これによって、溝界面から導波路に結合する反射光量を抑制することができる。

[0025] 図3は、本発明の第3実施の形態による光機能導波路の構成を示す図である。図3(a)は断面図であり、図3(b)は上面図である。本実施の形態の光機能導波路は、上から見たときに溝構造14の形を台形にするものである。これによって、やはり溝界面から導波路に結合する反射光量を抑制することができる。

[0026] 図4は、本発明の第4実施の形態による光機能導波路の構成を示す図である。図4(a)は断面図であり、図4(b)は上面図である。本実施の形態の光機能導波路は、横から見たときに(すなわち、光路に沿った断面図を見たときに)溝構造14の形を台形にするものである。これによって、やはり溝界面から導波路に結合する反射光量を抑制することができる。

[0027] 図5は、本発明の第5実施の形態による光機能導波路の構成を示す上面図である。本実施の形態の光機能導波路は、製造時に溝構造14に充填材料15を注ぎ込むための充填物注ぎ込み口17を設けるものである。このように充填物注ぎ込み口17を光路に対して両側に設けて光路に対して両側から交互に充填材料15を注ぎ込む構成にすることでヒータ用電極16を溝構造14と重ならず連続的に配置することができる。なお、溝構造14の上面は平坦ではないためヒータ用電極16を溝構造14と重ねて配置することは困難である。

- [0028] 図6は、本発明の第6実施の形態による光変調器の構成を示す図である。本実施の形態の光変調器は、マッハツェンダー干渉型変調器であり、方向性結合部21、位相変調部22、及び光導波路23からなる。位相変調部22には、第1～第5実施の形態による光機能導波路を用いる。温度変化が $1/5 (= 10^\circ\text{C} / 50^\circ\text{C})$ になるのでスイッチング時間は数分の一に短縮される。また、消費電力は、加熱部分長が約 $1/5 (= 184.3\text{ミクロン} / 970\text{ミクロン})$ になることもあって、 $1/20$ 以下に低減される。
- [0029] 図7は、本発明の第7実施の形態による光変調器の構成を示す図である。本実施の形態の光変調器は、他のタイプのマッハツェンダー干渉型変調器であり、位相変調部22、光導波路23、及びY分岐24からなる。位相変調部22には、第1～第5実施の形態による光機能導波路を用いる。本実施の形態も第6実施の形態と同様の効果がある。
- [0030] 図8は、本発明の第8実施の形態による光機能導波路の構成を示す図である。図8(a)は断面図であり、図8(b)は上面図である。本実施の形態の光機能導波路は、基板11、石英導波路クラッド12、石英導波路コア13、ヒータ用電極16、溝構造31、充填材料32、並びに石英導波路クラッド12及び石英導波路コア13による石英スラブ導波路33からなる。この光機能導波路は、単一モード導波路ではなくスラブ導波路用の位相変調部として機能する。基板11の温度を制御し、充填材料32の屈折率を制御する。石英導波路クラッド12及び石英導波路コア13の屈折率も変化するが、充填材料32に比較して変化量が僅かであるため通常は無視することが可能である。ある温度で、石英スラブ導波路33の実効屈折率と充填材料32の屈折率が同じであれば、石英スラブ導波路33を伝搬する光に対してほとんど影響を及ぼさないが、温度を上昇又は下降させると充填材料32の屈折率が相対的に増加又は減少し、凸レンズ作用又は凹レンズ作用を伝搬光に及ぼす。もちろん、充填材料32の屈折率の温度係数が負であれば、凹レンズ作用又は凸レンズ作用を及ぼす。また、焦点距離も温度によって制御可能である。これにより、充填材料の温度を制御することによって、スラブ導波路中を伝搬する光の波面を制御できる。すなわち、伝搬光の広がり角を制御することができる。制御範囲は溝構造31の数を増減させて設計可能である。特に、反射光や共振特性を避ける必要があれば、第2～4実施の形態と同様に、境界面を



光軸に対して傾けることによってかなりの程度まで避けることが可能である。ただし、本実施の形態では上面図における境界面は曲線となるのでこれを傾けても効果的ではなく、断面図において境界面を示す直線を傾けることになる。

[0031] 図9は、本発明の第9実施の形態による光機能導波路の構成を示す図である。図9(a)は断面図であり、図9(b)は上面図である。本実施の形態の光機能導波路は、基板11、石英導波路クラッド12、石英導波路コア13、ヒータ用電極16、溝構造41、充填材料42、並びに石英導波路クラッド12及び石英導波路コア13による石英スラブ導波路33からなる。本実施の形態では溝構造41の形状を凹レンズ状にした。この場合は、温度に対するレンズ作用や焦点距離の変化が凸レンズ状の場合の反対になる。

[0032] また、平凸レンズ型、平凹レンズ型、及びメニスカスレンズ型など、更に、これらの球面レンズ型、非球面レンズ型、及び場合によっては球面と非球面とを組み合わせたレンズ型などを採用しても良いことは言うまでもない。また、これらのレンズ構造を複数組み合わせても良いことは言うまでもない。

[0033] 図10は、本発明の第10実施の形態による光機能導波路の構成を示す上面図である。本実施の形態の光機能導波路は、石英スラブ導波路33に溝構造51及び充填材料52を二次元並列に配置するものである。ここではヒータ電極の図示を省略している。

[0034] 図11は、本発明の第11実施の形態による分散補償回路の構成を示す上面図である。本実施の形態の分散補償回路は、第1アレイ導波路回折格子61及び第2アレイ導波路回折格子65からなり、さらに具体的には、スラブ導波路62、アレイ導波路63、スラブ導波路64、アレイ導波路66、スラブ導波路67、溝構造68、及び充填材料69からなる。ここでは平凸レンズ形状の溝構造68をスペクトル面近傍に配置する。第1アレイ導波路回折格子61に入射した光がスペクトル面上に分光される。スペクトル面が丁度平面になるとき分散補償回路の分散は0になる。溝構造68の形状、個数、を変えることによって分散値を所望の値に設定することが可能である。また、基板全体の温度を制御して分散量を可変することも可能である。もちろん、溝構造68の部分のみ局所的に加熱して制御しても良いことは言うまでもない。設定可能な分散量は、第1、第2アレイ導波路回折格子61、65の設計パラメータで変化するが、アレイ導波路

63及びアレイ導波路66における最小光路長と最大光路長の差に対応する時間窓幅が入射光パルス及び出射光パルスの立ち上がり時間及び立ち下がり時間よりも広く、第1、第2アレイ導波路回折格子61、65のフリースペクトラルレンジが光信号のスペクトル幅よりも広い条件から決定される。

[0035] 図12は、本発明の第12実施の形態による分散補償回路の構成を示す上面図である。本実施の形態の分散補償回路は、第11実施の形態と同様の特性を反射型構成で得るものであり、1つのアレイ導波路回折格子71からなり、具体的には、スラブ導波路72、アレイ導波路73、スラブ導波路74、ミラー75、溝構造76、及び充填材料77からなる。ミラー75の形状は直線状でも良いが、通常は温度変化無しの場合の分散値を制御するために適当な曲率を持つ円形ミラーを利用する。本実施の形態は第11実施の形態と比べて損失は増えるがデバイスは小型化され、ミラー曲率によって初期分散値を設定可能となる。

[0036] 図13は、本発明の第13実施の形態による光機能導波路の構成を示す上面図である。本実施の形態の光機能導波路は、石英導波路クラッド12、石英導波路コア13、第1溝構造81、第2溝構造82、及び第3溝構造83からなる。各導波路(#1〜#3)の幾何学的長さはABで等しい。しかしながら、光学的長さ(光路長)は実効屈折率の値によって変化する。本実施の形態では、各導波路(#1〜#3)に設けられた第1、第2、第3溝構造81、82、83に異なる屈折率を有する材料を充填することによってABの光路長を微調する。ABが非常に長い場合、導波路作製プロセスの不均一性によって幾何学的長さが等しいが光学的長さが異なってしまう場合がある。本実施の形態の構成では、このような揺らぎを測定し、それを補償するように第1、第2、第3溝構造81、82、83に充填する材料の屈折率を制御する。あるいは、アレイ導波路回折格子では、隣接するアレイの導波路は一定の光路長ずつ異なる光路長である必要があるが、同様に作製プロセスの不均一性によって所望の光路長からずれる。この場合にも各導波路に溝構造を設けて屈折率を制御した材料を充填することによって光路長差を一定にすることができる。

[0037] 図14は、本発明の第14実施の形態による光機能導波路の構成を示す上面図である。本実施の形態の光機能導波路は、単一モード導波路91、テーパ導波路92、スラ

ブ導波路93、及びレンズ形状の溝構造94からなり、合分波回路で利用されることが多いスラブ導波路と単一モード導波路アレイの結合部である。レンズ形状の溝構造94を設けることによって、スラブ導波路93側から入射し単一モード導波路91の間に入射する光も、溝構造94のレンズ作用によって高効率に単一モード導波路91に導くことが可能であり、合分波回路の損失を低減することが可能である。また、一般にスラブ導波路から入射される光は振幅が場所によって異なるので(中央が強く端が弱くなる)、第1〜第5単一モード導波路91-#1〜#5の間隔を調整し(中央の間隔を狭く端の間隔を広くする)、第1〜第5溝構造94-#1〜#5の大きさをその間隔に合わせて調整して(中央を小さく端を大きくする)スラブ導波路93から第1〜第5単一モード導波路91-#1〜#5への結合効率を等しくすることも可能である。

[0038] 図15は、本発明の第15実施の形態による光機能導波路の構成を示す上面図である。本実施の形態の光機能導波路は、ヒータ用電極16、単一モード入力導波路101、テーパ導波路102、スラブ導波路103、第1単一モード出力導波路104a、第2単一モード出力導波路104b、くさび型、すなわち、台形の溝構造105及び充填材料106からなる。このくさび型の溝構造105はそのくさび型の方角を揃えて配置する。このため本実施の形態は、充填材料106の温度制御により光の導波方向を変化させることによって実現される1×2光スイッチである。温度制御によって、単一モード入力導波路101に入射した光を第1単一モード出力導波路104a又は第2単一モード出力導波路104bの何れから出力するか切り替えることが可能である。出力導波路数を増やすことができることは言うまでもない。出力導波路の位置を遠ざければ、角度変化が僅かで済むので、必要な温度変化量を減らすことが可能である。また、1×2スイッチを組み合わせて2×2スイッチ〜N×Nスイッチを構成することが可能であることも言うまでもない。

[0039] なお、本発明は上記実施の形態に限定されるものではない。

本明細書で引用した全ての刊行物、特許及び特許出願をそのまま参考として本明細書にとり入れるものとする。

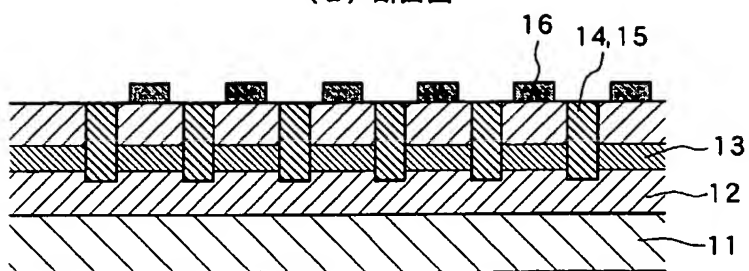
## 請求の範囲

- [1] 基板と、  
該基板上に形成されているクラッドと、  
該クラッドの中に形成されていて光路となるコアと、  
光路に沿って所定の間隔を空けて光路を分断するように形成されていて前記コアとは屈折率温度係数が異なる材料が充填されている複数の溝構造と、  
光路に沿って形成されている該複数の溝構造の間の位置に形成されているヒータ電極と  
を備えることを特徴とする光機能導波路。
- [2] 基板と、  
該基板上に形成されているクラッドと、  
該クラッドの中に形成されていて光路となるコアと、  
光路に沿って所定の間隔を空けて光路を分断するように形成されていて前記コアとは異なる屈折率の材料が充填されており形状がレンズ型である複数の溝構造と、  
光路に沿って形成されている該複数の溝構造の間の位置に形成されているヒータ電極と  
を備えることを特徴とする光機能導波路。
- [3] 前記複数の溝構造の内の少なくとも1つの端面が光路に垂直な位置から傾いていることを特徴とする請求項1又は2記載の光機能導波路。
- [4] 請求項1記載の光機能導波路を備え光の振幅又は位相を変調することを特徴とする光変調器。
- [5] スラブ導波路中に請求項2記載の光機能導波路を備えることを特徴とするアレイ導波路回折格子。
- [6] 2つのアレイ導波路回折格子が縦列接続されている接続部近傍に請求項2記載の光機能導波路を備えることを特徴とする分散補償回路。
- [7] スペクトル面近傍に配置されている導波路内のミラーと、  
該ミラーの近傍に配置されている請求項2記載の光機能導波路と  
を備えることを特徴とする分散補償回路。

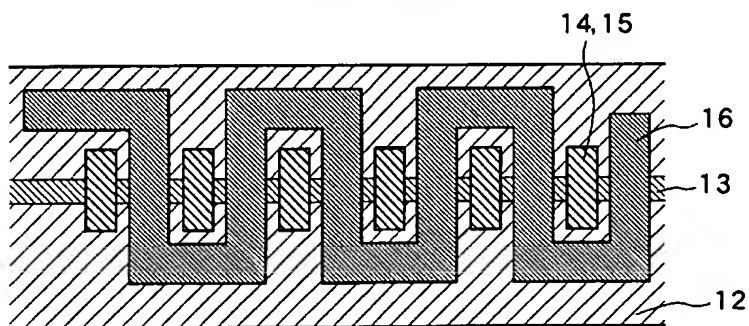
- [8]      基板と、  
         該基板上に形成されているクラッドと、  
         該クラッドの中に形成されていて光路となるコアと、  
         光路に沿って所定の間隔を空けて光路を分断するように形成されていて前記コアとは異なる屈折率であってかつそれぞれが互いに異なる2以上の屈折率を有する材料が充填されている複数の溝構造と  
         を備えることを特徴とする光機能導波路。
- [9]      前記溝構造は、スラブ導波路と単一モード導波路との結合部分のスラブ導波路側に設けられていることを特徴とする請求項2記載の光機能導波路。
- [10]     基板と、  
         該基板上に形成されているクラッドと、  
         該クラッドの中に形成されていて光路となるコアと、  
         光路に沿って所定の間隔を空けて光路を分断するように形成されていて前記コアとは異なる屈折率の材料が充填されており形状がくさび型である複数の溝構造と、  
         光路に沿って形成されている該複数の溝構造の間の位置に形成されているヒータ電極と  
         を備えることを特徴とする光機能導波路。

[図1]

(a) 断面図

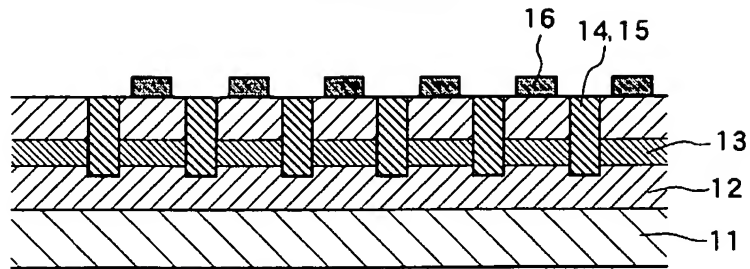


(b) 上面図

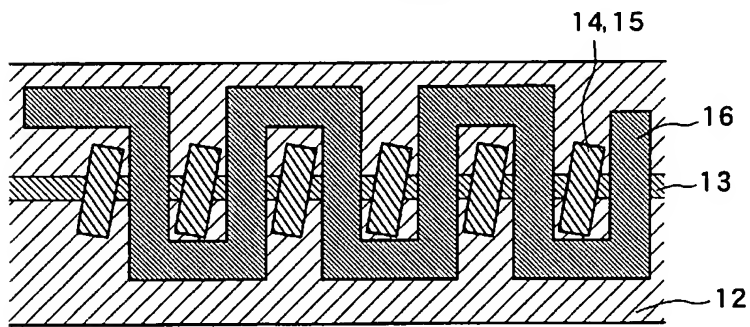


[図2]

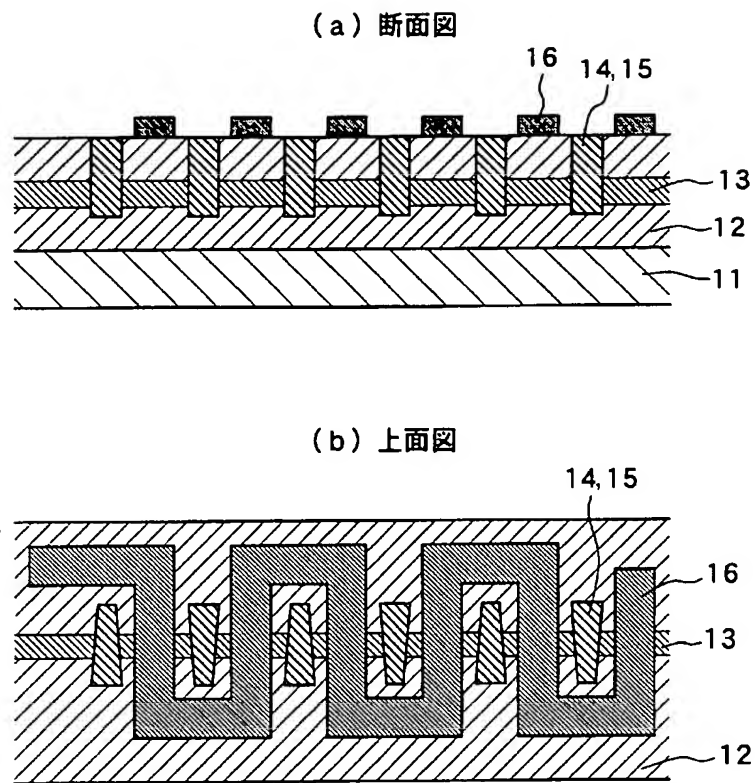
(a) 断面図



(b) 上面図



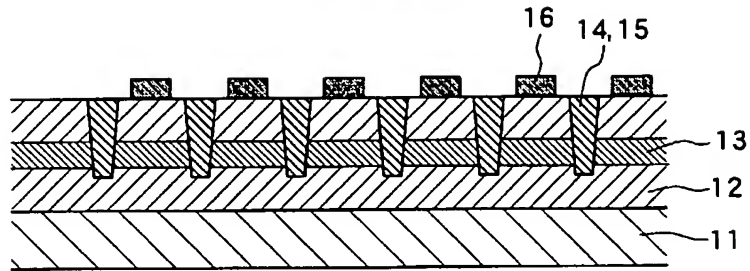
[図3]



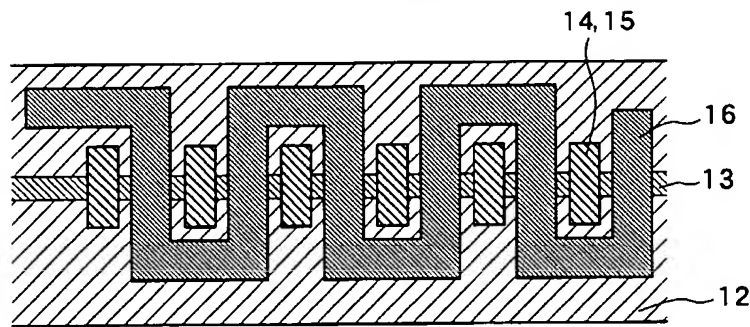


[図4]

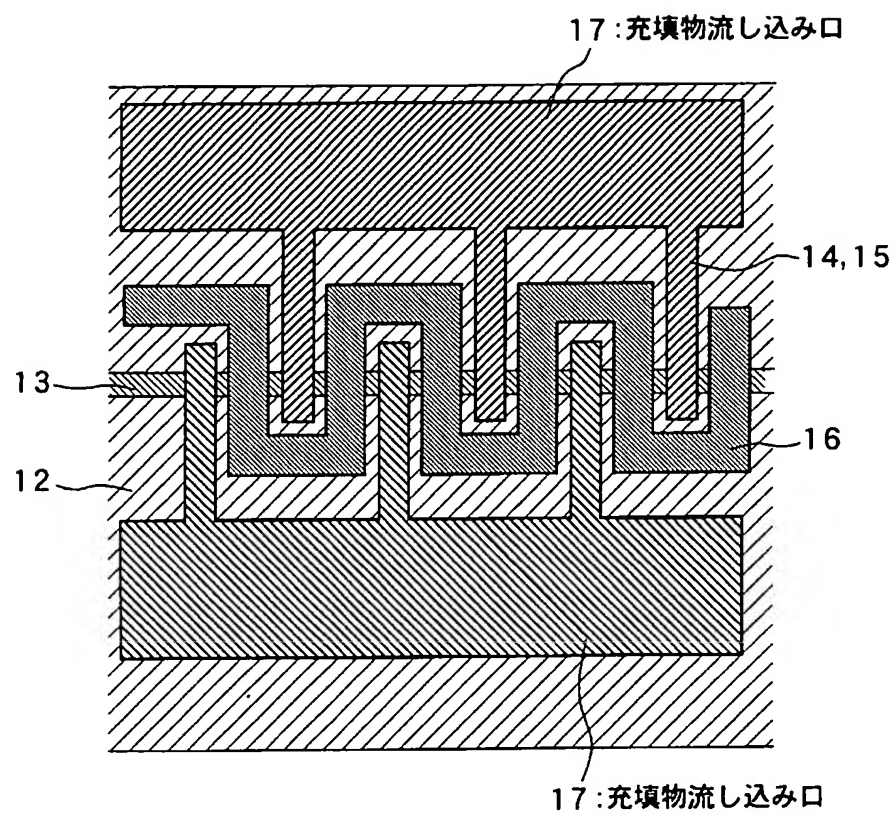
(a) 断面図



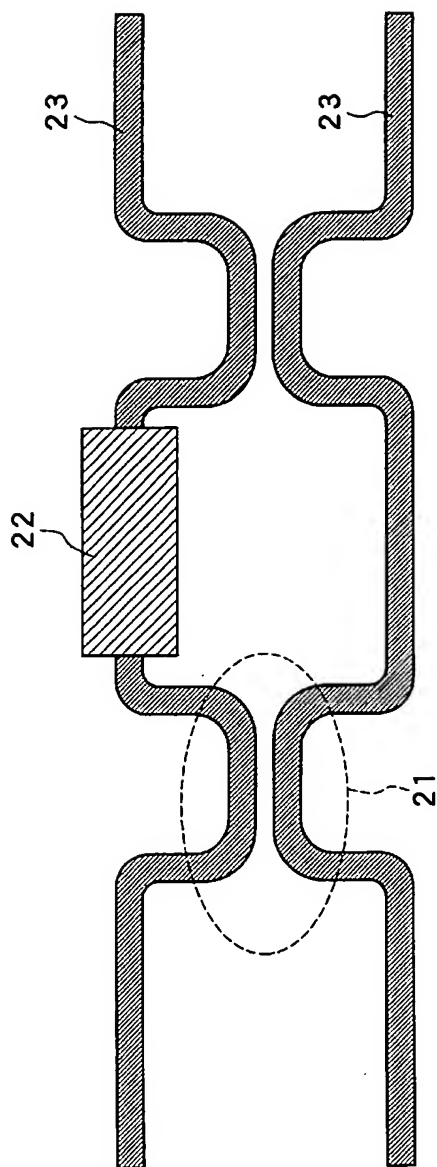
(b) 上面図



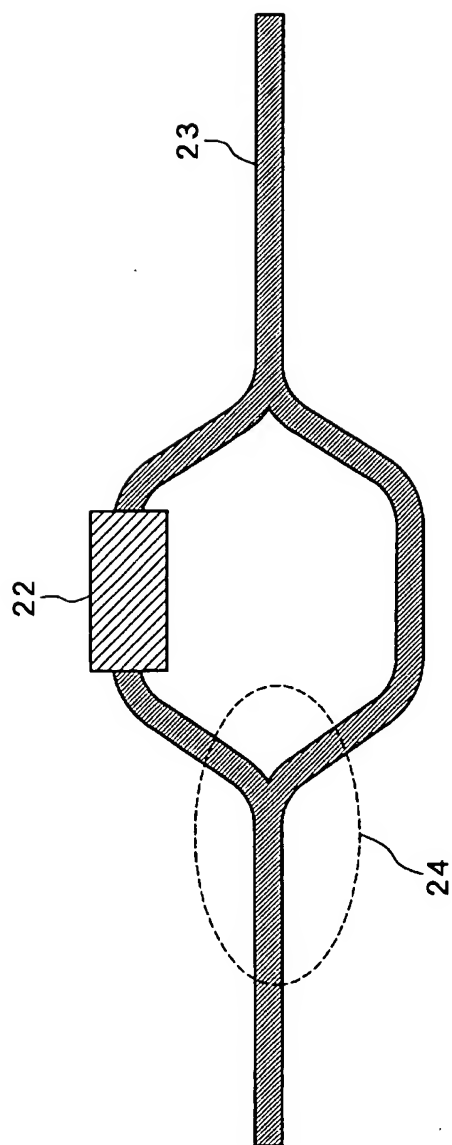
[図5]



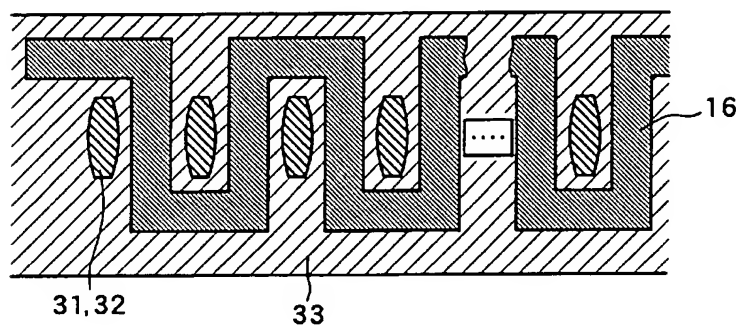
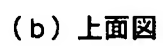
[図6]



[図7]

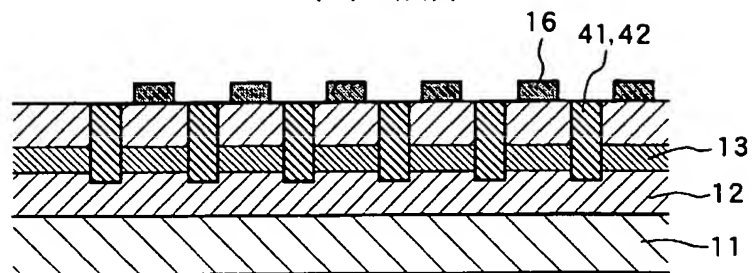


(a) 断面図

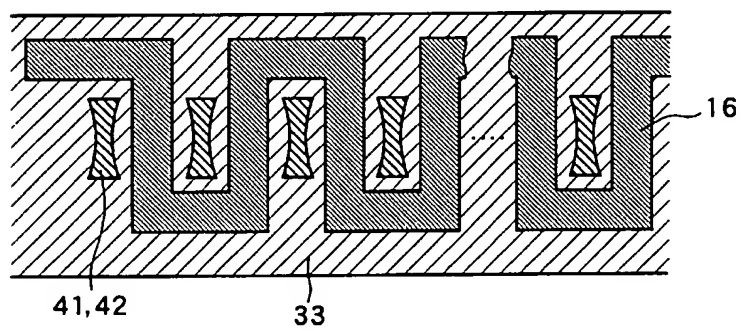


[図9]

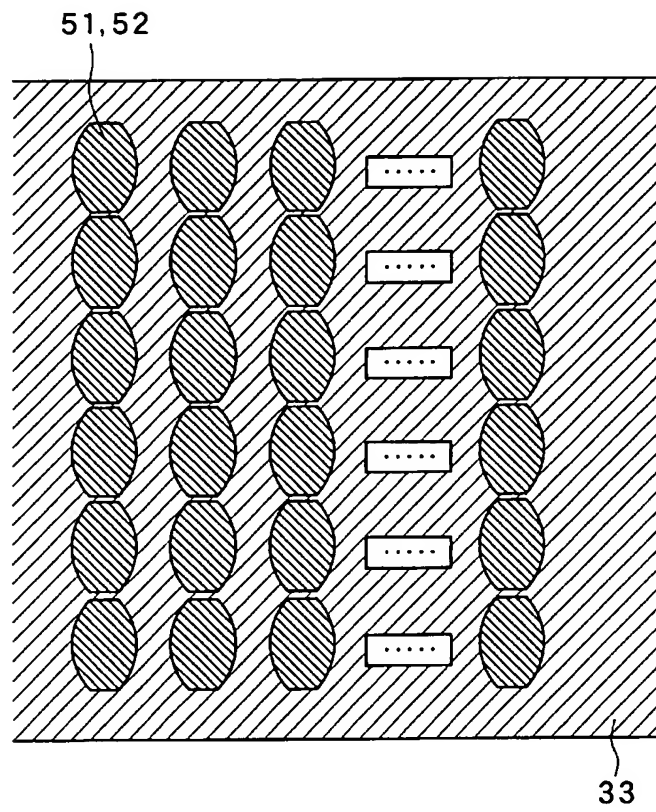
(a) 断面図



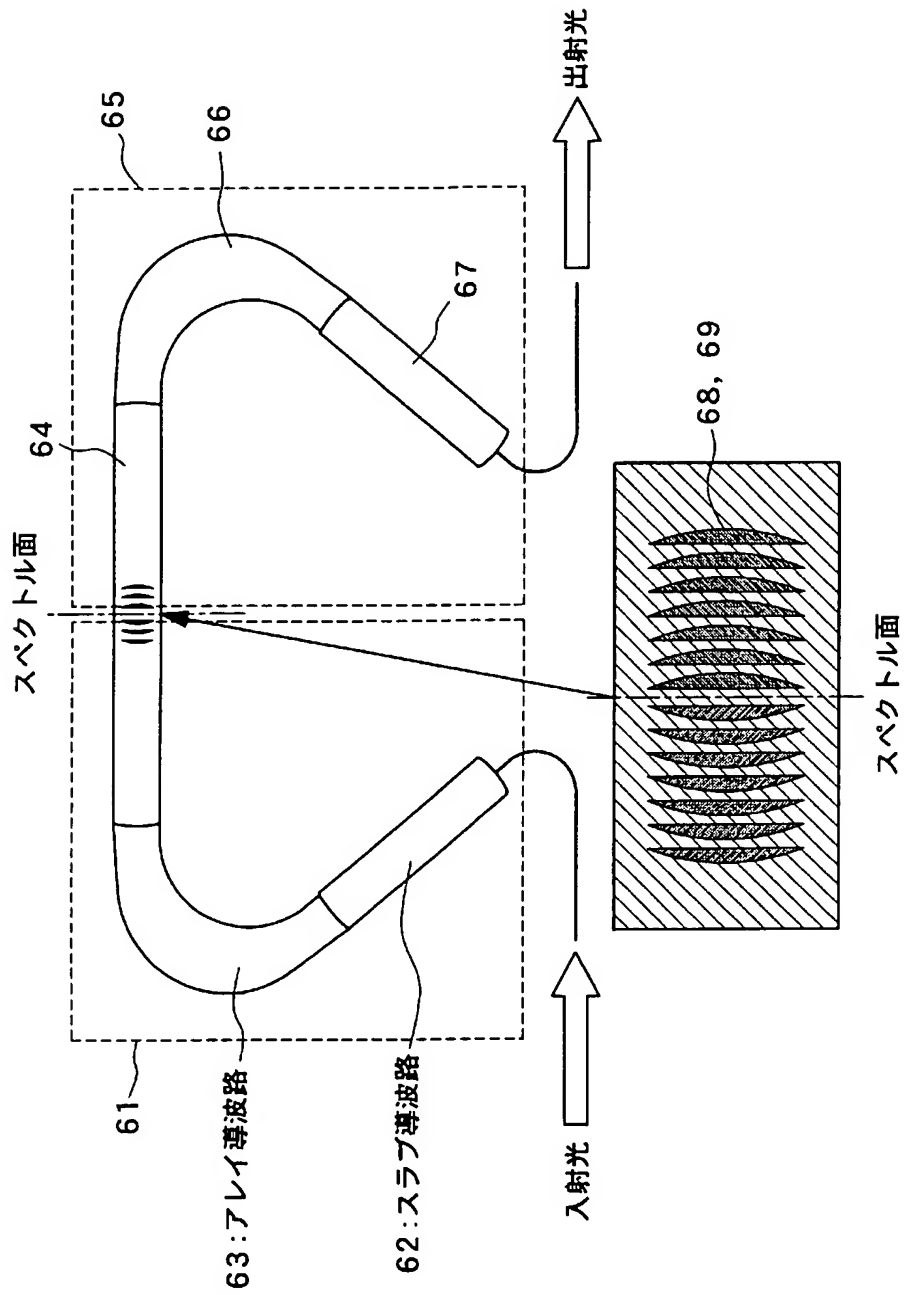
(b) 上面図



[図10]

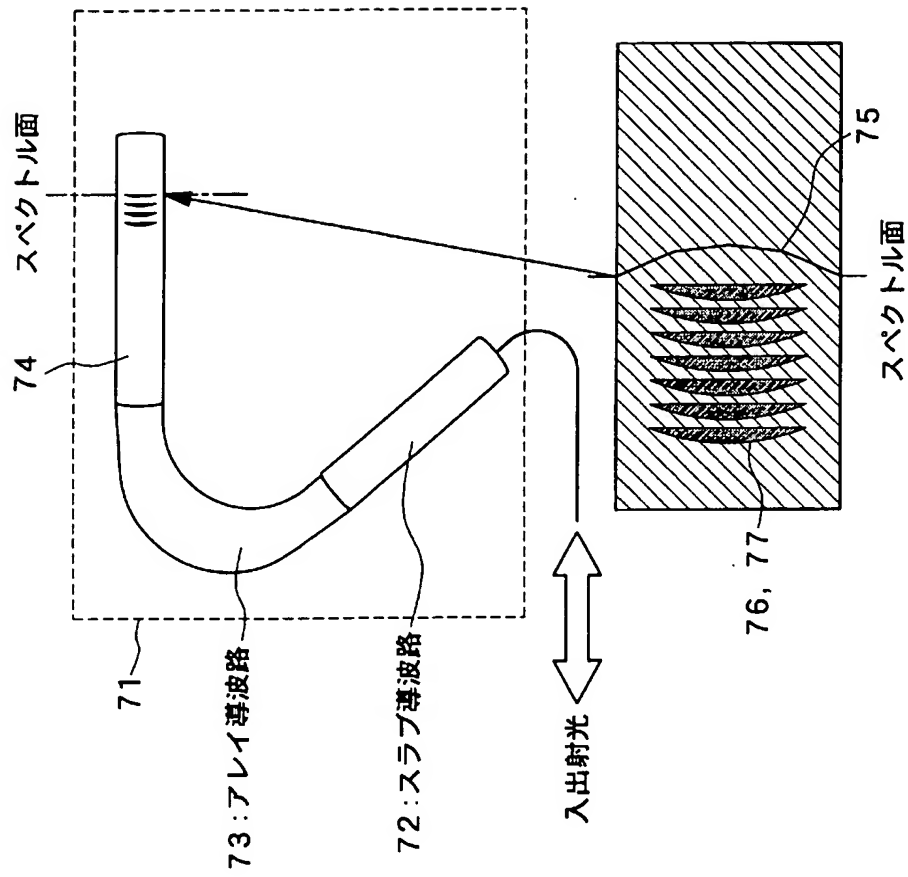


[図11]

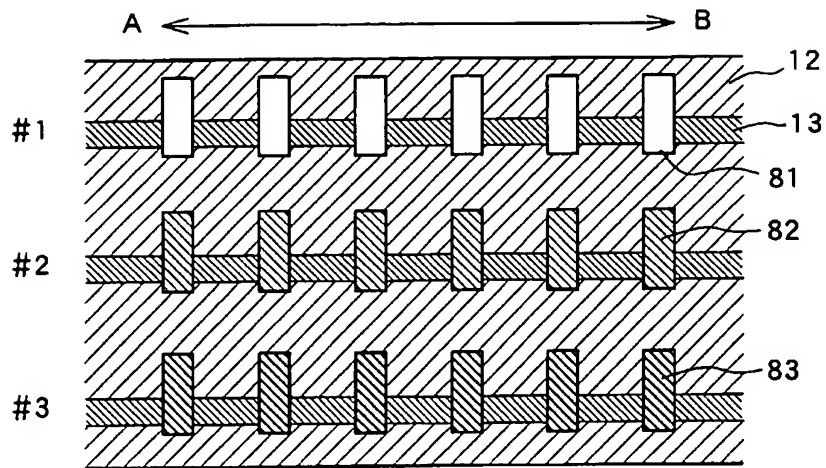




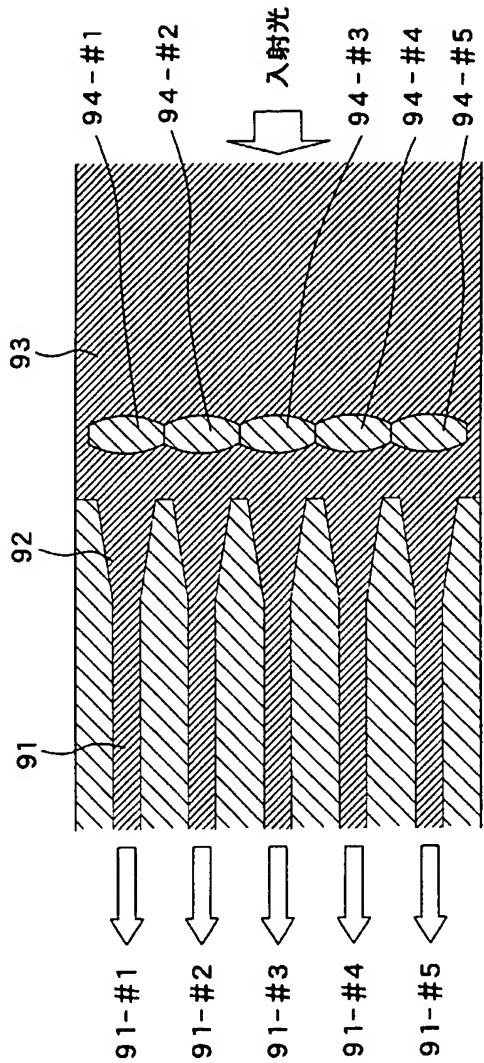
[図12]



[図13]



[図14]



This diagram shows a cross-section of a substrate assembly. A central layer, labeled 103, contains a zigzag conductive pattern. Within the recesses of this pattern are several small, shaded rectangular features labeled 105. The entire assembly is sandwiched between two outer layers, 101 (top) and 102 (bottom). On the left side, a vertical arrow labeled 101 points upwards, and on the right side, a vertical arrow labeled 102 points downwards. At the top of the assembly, two vertical channels, labeled 104a and 104b, extend upwards. Channel 104a is indicated by a solid arrow pointing up, and channel 104b is indicated by a dashed arrow pointing up. A label 16 points to the left side of the central layer 103.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/001460

| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b><br>Int.Cl <sup>7</sup> G02F1/01, G02B6/12, G02F1/313<br><br>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC   |  |   |
|--|--|---|
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b><br>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>Int.Cl <sup>7</sup> G02F1/01, G02B6/12, G02F1/313<br><br>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched<br>Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005<br>Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005<br><br>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)   |  |   |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>  |  |   |
| Category*  | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No.   |
| A  | JP 2000-29079 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.),<br>28 January, 2000 (28.01.00),<br>Par. No. [0020]; Fig. 2<br>(Family: none)             | 1-7, 9, 10  |
| A  | JP 10-239645 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.),<br>11 September, 1998 (11.09.98),<br>Par. Nos. [0027] to [0035]; Fig. 6<br>(Family: none) | 1-7, 9, 10  |
| A  | JP 5-289117 A (Kobe Steel, Ltd.),<br>05 November, 1993 (05.11.93),<br>Par. No. [0007]; Figs. 1, 3<br>(Family: none)                              | 1-7, 9, 10  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.   |  |   |
| * Special categories of cited documents:<br>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date<br>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)<br>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed<br>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention<br>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone<br>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art<br>"&" document member of the same patent family |  |   |
| Date of the actual completion of the international search<br>12 April, 2005 (12.04.05)   |  | Date of mailing of the international search report<br>10 May, 2005 (10.05.05) |
| Name and mailing address of the ISA/<br>Japanese Patent Office   |  | Authorized officer  |
| Facsimile No.  |  | Telephone No.   |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/001460

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| A         | JP 2004-45747 A (The Furukawa Electric Co., Ltd.),<br>12 February, 2004 (12.02.04),<br>Par. No. [0089]<br>(Family: none)  | 1-7,9,10              |
| A         | JP 2001-116937 A (Hitachi Cable, Ltd.),<br>27 April, 2001 (27.04.01),<br>Par. No. [0039]<br>& US 6549696 B1                      & CA 2315458 A1                      | 2-7,9,10              |
| A         | JP 7-318994 A (Nippon Steel Corp.),<br>08 December, 1995 (08.12.95),<br>Fig. 1<br>& US 5502590 A  | 2-7,9,10              |
| A         | JP 2001-272561 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.),<br>05 October, 2001 (05.10.01),<br>Par. No. [0025]<br>& EP 1118888 A2                      & US 2001/9595 A1 | 3                     |
| A         | JP 11-167035 A (Oki Electric Industry Co., Ltd.),<br>22 June, 1999 (22.06.99),<br>Par. No. [0007]<br>(Family: none)   | 3                     |
| A         | JP 9-152522 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.),<br>10 June, 1997 (10.06.97),<br>Par. No. [0023]<br>(Family: none)   | 3                     |
| A         | JP 2003-279910 A (The Furukawa Electric Co., Ltd.),<br>02 October, 2003 (02.10.03),<br>Fig. 1<br>& US 2004/28367 A1   | 6,7                   |
| A         | JP 2003-167221 A (Nippon Densen Kabushiki Kaisha),<br>13 June, 2003 (13.06.03),<br>Figs. 5, 6<br>(Family: none)   | 6,7                   |
| A         | JP 2003-84319 A (Fujitsu Ltd.),<br>19 March, 2003 (19.03.03),<br>Figs. 6, 7<br>(Family: none)   | 10                    |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/001460

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| A         | JP 1-248141 A (Hitachi, Ltd.),<br>03 October, 1989 (03.10.89),<br>Figs. 6, 7, 9<br>(Family: none) | 10                    |
| A         | JP 2003-98559 A (Fujitsu Ltd.),<br>03 April, 2003 (03.04.03),<br>Fig. 4<br>& US 2003/59148 A1     | 10                    |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/001460

**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☒ Claims Nos.: 8  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:  
The statement of claim 8 is unclear. The working examples of the description do not correspond to the statement of claim 8. In the working example of the description, materials having different refractive indices with the waveguides are placed (continued to extra sheet)
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

"The special technical feature" of the inventions of claims 1-7, 9, 10 relates to "providing a heater electrode disposed between groove structures". "The special technical feature" of the invention of claim 8 relates to "providing groove structures filled with materials having two mutually different refractive indices". There is no technical relationship between the inventions involving one or more of the same or corresponding special technical features. Consequently, these inventions are not so linked as to form a single general inventive concept.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/001460

Continuation of Box No.II-2 of continuation of first sheet(2)

in the groove structures, and the difference between the optical lengths of the waveguides is adjusted. However, claim 8 fails to describe how "the groove structures filled with materials having different refractive indices" are fabricated, and it is unclear what function is provided.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
Int.Cl.<sup>7</sup> G02F1/01, G02B6/12, G02F1/313

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
Int.Cl.<sup>7</sup> G02F1/01, G02B6/12, G02F1/313

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

|             |            |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報   | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2005年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2005年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2005年 |

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                       | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
|-----------------|---|------------------|
| A               | JP 2000-29079 A (日本電信電話株式会社) 2000.01.28, 【0020】、<br>第2図 (ファミリーなし)       | 1-7, 9, 10       |
| A               | JP 10-239645 A (日本電信電話株式会社) 1998.09.11, 【0027】<br>ー【0035】、第6図 (ファミリーなし) | 1-7, 9, 10       |
| A               | JP 5-289117 A (株式会社神戸製鋼所) 1993.11.05, 【0007】、<br>第1, 3図 (ファミリーなし)       | 1-7, 9, 10       |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

12.04.2005

国際調査報告の発送日

10.5.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

東 治企

電話番号 03-3581-1101 内線 3294

2X

3314

| C (続き) 関連すると認められる文献 |  |                  |
|---------------------|--|------------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*     | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示  | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
| A                   | JP 2004-45747 A (古河電気工業株式会社) 2004.02.12, 【0089】<br>(ファミリーなし)                           | 1-7, 9, 10       |
| A                   | JP 2001-116937 A (日立電線株式会社) 2001.04.27, 【0039】 &<br>US 6549696 B1 & CA 2315458 A1      | 2-7, 9, 10       |
| A                   | JP 7-318994 A (新日本製鐵株式会社) 1995.12.08, 図1 & US 5502590<br>A                             | 2-7, 9, 10       |
| A                   | JP 2001-272561 A (日本電信電話株式会社) 2001.10.05, 【002<br>5】 & EP 1118888 A2 & US 2001/9595 A1 | 3                |
| A                   | JP 11-167035 A (沖電気工業株式会社) 1999.06.22, 【0007】 (フ<br>ァミリーなし)                            | 3                |
| A                   | JP 9-152522 A (住友電気工業株式会社) 1997.06.10, 【0023】<br>(ファミリーなし)                             | 3                |
| A                   | JP 2003-279910 A (古河電気工業株式会社) 2003.10.02, 第1図 & US<br>2004/28367 A1                    | 6, 7             |
| A                   | JP 2003-167221 A (日本電線株式会社) 2003.06.13, 第5, 6図 (フ<br>ァミリーなし)                           | 6, 7             |
| A                   | JP 2003-84319 A (富士通株式会社) 2003.03.19, 図6, 7 (フ<br>ァミリーなし)                              | 10               |
| A                   | JP 1-248141 A (株式会社日立製作所) 1989.10.03, 第6, 7, 9図<br>(ファミリーなし)                           | 10               |
| A                   | JP 2003-98559 A (富士通株式会社) 2003.04.03, 図4 & US<br>2003/59148 A1                         | 10               |

## 第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。  
つまり、
2. ☒ 請求の範囲 8 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、  
請求の範囲 8 は不明確である。明細書における実施の形態と請求の範囲 8 に記載の事項が対応していない。明細書には、各導波路毎に異なる屈折率を有する材料が溝構造に充填されており、導波路毎の光路差を調整するものである。しかし、請求の範囲 8 には「異なる屈折率を有する材料が充填される溝構造」をどのように構成するのかが明記されておらず、どのような機能を有するものであるのか不明である。
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1-7, 9, 10に係る発明の「特別な技術的特徴」は「複数の溝構造の間の位置に形成されているヒータ電極を備えること」に関し、請求の範囲8に係る発明の「特別な技術的特徴」は「互いに異なる2以上の屈折率を有する材料が充填されている複数の溝構造を備えること」に関するものである。これらの発明は、一又は二以上の同一又は対応する特別な技術的特徴を含む技術的な関係にないから、単一の一般的発明概念を形成するように連関しているものとは認められない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

## 追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。  
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。